

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Vývoj důlního zdvihacího mechanismu pro zatížení 3,2 t

Development of the Mine Lifting Equipment for Load up to 3,2 t

Student:

Marek Kašpařík

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2016

---

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Kašpařík**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje  
Téma: **Vývoj důlního zdvihacího mechanismu pro zatížení 3,2 t**  
**Development of the Mine Lifting Equipment for Load up to 3,2 t**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je vývoj důlního zdvihacího mechanismu pro zatížení 3,2 t. Zařízení bude obsahovat řetěz PEWAG G80 11,2x34, vzduchový motor DEPRAG a kladkostroj s planetovou převodovkou. V diplomové práci zpracujte rešerši dané problematiky zdvihacích mechanismů, analýzu problému. Vypracujte výkresovou dokumentaci pro výrobu funkčního vzorku. Proveďte potřebné pevnostní výpočty a optimalizace, návrh převodů a metodiku TRIZ. Bližší specifikaci provozních podmínek a dalších parametrů určí zadavatel.


### Seznam doporučené odborné literatury:

ZAJAC, O. at al. *Hlbinné dobývacie stroje a dopravné zariadenia*. Vydavateľ. ALFA, Bratislava. 1991. 428 s. ISBN-80-05-00713-2  
JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.  
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.  
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: ČNI, 1996. 32 s.  
Odborná literatura včetně norem a vyhlášek.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015  
Datum odevzdání: 16.05.2016

  
\_\_\_\_\_  
doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

---

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 16. 5. 2016



.....

podpis studenta

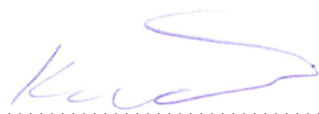
---

---

## Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

  
.....  
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Marek Kašpařík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hradisko 935; 763 26 Luhačovice

---

---

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

KAŠPAŘÍK, M. Vývoj důlního zdvihacího mechanismu pro zatížení 3,2 t: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní. Vedoucí práce: Fries, J

Tématem diplomové práce je návrh a optimalizace pneumatického kladkostroje pro důlní podmínky. Cílem je vhodný návrh modelu odpovídající požadavkům, které jsou použití řetězu PEWAG G80 11,2x34, minimální rychlost zdvihu 2 m/min a použití vyvíjeného pneumatického motoru od firmy DEPRAG.

V úvodní části diplomové práce je napsán krátký přehled pneumatických kladkostrojů, stručný úvod do normy ATEX a vysvětlení metodiky TRIZ. V hlavní části je řešen konstrukční návrh a optimalizace metodou TRIZ v programu Goldfire innovator.

## **ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS**

KAŠPAŘÍK, M. Development of the Mine Lifting Equipment for Load up to 3,2t: bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of mechanical engineering. Supervisors: Fries, J

The Diploma Thesis concerns the design and optimization of an air hoist for mining operations. The goal was to create a suitable model designed to meet these specific requirements: chain PEWAG G80 11,2x34, minimal stroke speed of 2m/min, and use of the air motor from DEPRAG which is still under development.

The Diploma Thesis introduction contains a short summary about air hoists, standard ATEX technology, and an explanation about TRIZ methodology. The Diploma Thesis main text explains how the structural design and optimization was accomplished with TRIZ methodology and the Goldfire Innovator program.

---

---

## Obsah

1	Úvod .....	10
2	Pneumatické kladkostroje .....	11
2.1	Obecný popis .....	11
2.2	Použití .....	11
2.3	Základní části .....	12
2.4	Doplňkové příslušenství: .....	13
2.5	Základní technické údaje: .....	14
2.6	Kontrola kladkostroje .....	14
3	Proti výbušné předpisy – směrnice ATEX .....	15
3.1	Základní informace .....	15
3.2	Zařízení .....	16
3.3	Prostředí .....	16
3.4	Klasifikace a značení zařízení .....	16
4	Úvod do metodiky TRIZ .....	22
5	Konstrukční návrh .....	24
5.1	Základní informace .....	24
5.2	Základní výpočet pro splnění rychlosti kladkostroje .....	25
5.3	Volba a návrh převodu .....	26
5.4	Výpočet jednotlivých sil a krouticích momentů .....	29
5.4.1	První stupeň .....	29
5.4.2	Druhý stupeň .....	31

---

---

5.5	Výpočet otáček jednotlivých částí: .....	32
5.6	Podmínka minimální vůle mezi sousedními satelity .....	33
5.7	Návrh ozubení .....	34
5.7.1	Postup návrhu .....	34
5.7.2	Návrh korekcí jednotlivých stupňů planetového převodu.....	34
5.7.3	Pevnostní kontrola.....	35
5.7.4	Výsledná geometrie.....	39
5.8	Výpočet jednotlivých nosičů satelitů .....	40
5.8.1	Druhý stupeň planetového převodu.....	43
5.8.2	První stupeň planetového převodu. ....	43
5.9	Výpočet trvanlivosti ložisek satelitů .....	44
5.10	Upevnění korunového kola .....	47
5.11	Vizualizace planetového převodu .....	50
6	Přenos krouticího momentu mezi planetovým převodem a ořechem .....	51
7	Spojení planetové převodovky s domkem ořechu.....	55
7.1	Pevnostní kontrola šroubů u přírub .....	55
7.2	Spojení mezi přírubou a domkem .....	59
8	Druh uchycení a pojezdu kladkostroje .....	61
9	Aplikace metodiky TRIZ .....	63
10	Závěr.....	67
11	Seznam použité literatury .....	68
12	Seznam příloh.....	70

---

---

## Seznam použitého značení

Značka	Jednotka	Význam
$a_w$	[mm]	Pracovní vzdálenost
$b$	[mm]	Šířka ozubených kol
$C$	[kN]	Základní dynamická únosnost
$d$	[mm]	Roztečný průměr
$d_a$	[mm]	Hlavový průměr
$F$	[N]	Síla
$f$	[-]	Součinitel tření
$F_{obv}$	[N]	Obvodová síla
$F_{os}$	[N]	Síla v ose
$F_r$	[N]	Radiální síla
$F_t$	[N]	Tečná síla
$F_Z$	[N]	Třecí síla v závitu
$h$	[mm]	Výška
$H_l$	[mm]	Nosná výška v závitu
$H_m$	[mm]	Potřebná minimální výška
$I$	[-]	Převodový poměr
$IT$	[-]	Přesnost výroby ozubení
$J_{HV}$	[-]	Tvrdost v jádře zubu
$k$	[-]	Bezpečnost
$K_A$	[-]	Součinitel vnějších dynamických sil
$K_{H\beta}$	[-]	Součinitel zatížení zubů po šířce
$k_s$	[-]	Statická bezpečnost
$l$	[mm]	Délka
$L_{10}$	[hod.]	Základní trvanlivost ložiska
$m$	[mm]	Modul
$m$	[kg]	Hmotnost
$M_k$	[N·m]	Krouticí moment
$M_{kc}$	[N·m]	Výsledný krouticí moment
$M_o$	[N·m]	Ohybový moment
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky
$n$	[-]	Počet kolíků
$P$	[kW]	Výkon
$p$	[MPa]	Měrný tlak
$p_D$	[MPa]	Dovolený měrný tlak
$R$	[N]	Reakce
$r$	[mm]	Poloměr
$R_e$	[MPa]	Mez kluzu
$R_m$	[MPa]	Mez pevnosti
$s$	[-]	Počet satelitů

---



---

$S$	$[\text{mm}^2]$	Obsah
$S_F$	$[-]$	Součinitel bezpečnosti v ohybu
$S_H$	$[-]$	Součinitel bezpečnosti v dotyku
$U$	$[-]$	Dílčí úsek
$v$	$[\text{m/min}]$	Obvodová rychlost
$V_{HV}$	$[-]$	Tvrдость na boku zubu
$v_{\min}$	$[\text{mm}]$	Minimální vůle
$W_o$	$[\text{mm}^3]$	Průřezový modul v ohybu
$x$	$[\text{mm}]$	Korekce
$Y_A$	$[-]$	Součinitel střídavého zatížení zubu
$z$	$[-]$	Počet zubů
$z$	$[-]$	Počet závitů
$\beta$	$[\circ]$	Úhel
$\delta_{\min}$	$[\circ]$	Minimální potřebný úhel mezi satelity
$\sigma_{\text{Flim}}^0$	$[\text{MPa}]$	Mez únavy v ohybu
$\sigma_{\text{Hlim}}^0$	$[\text{MPa}]$	Mez únavy v dotyku
$\sigma_{\text{Do}}$	$[\text{MPa}]$	Dovolené namáhání v ohybu
$\sigma_{\text{Fmax}}$	$[\text{MPa}]$	Přípustný Hertzův tlak při největším zatížení v ohybu
$\sigma_{\text{Hmax}}$	$[\text{MPa}]$	Přípustný Hertzův tlak při největším zatížení v dotyku
$\sigma_o$	$[\text{MPa}]$	Ohybové namáhání
$\sigma_{\text{red}}$	$[\text{MPa}]$	Redukované napětí
$\tau$	$[\text{MPa}]$	Smykové napětí
$\tau_D$	$[\text{MPa}]$	Dovolené smykové napětí
$\phi'$	$[\circ]$	Redukovaný třecí úhel
$\psi$	$[\circ]$	Úhel stoupání

---

---

## 1 Úvod

Pneumatické řetězové kladkostroje splňující protivýbušnou směrnici ATEX jsou využívány v náročných a těžkých provozech. Především v místech s možností výskytu výbušných plynů nebo prachu, ve kterých není možné použití běžných elektrických pohonů (důlní prostory, chemický provoz, lakovny a plynárny).

V teoretické části je kvůli pochopení problematiky konstrukce a zjištění potřebných informací k návrhu uvedena krátká rešerše zabývající se řetězovými pneumatickými kladkostroji. Dále je popsána protivýbušná směrnice ATEX a její značení, kterou musí splňovat každý mechanismus použitý v prostředí s nebezpečím výbuchu. V závěru teoretické části je popsán úvod do metodiky TRIZ ("Tvorba a Řešení Inovačních Zadání"), kterou lze považovat za jednu z nejúčinnějších metodik v rámci inovace a řešení technických problémů.

Cílem praktické části diplomové práce je návrh zdvihacího mechanismu pro důlní podmínky. Při návrhu je podstatné dodržení podmínky minimální rychlosti kladkostroje, která je stanovena zadavatelem na  $v = 2 \text{ m/min}$ . Další podmínkou je použití řetězu G80 11,2 x 34 od firmy PEWAG a pneumatického motoru od firmy DEPRAG, který je momentálně ve fázi závěrečného vývoje. Z důvodu neznalosti všech přípojných parametrů motoru, nebude řešena spojka mezi motorem a vstupní hřídelí. Při návrhu je nutné brát zřetel na omezení v důlních podmínkách, kde je kladen velký důraz na malé rozměry. Konstrukce mechanismu musí být uzpůsobena agresivitě důlního prostředí. Uchycení kladkostroje bude řešeno za použití pojezdových kol pro nosník typu I, který je zavěšen v důlních prostorech. Na takto navrhnutý mechanismus bude aplikována metodika TRIZ, která určí komponenty vhodné k inovaci.

---

## 2 Pneumatické kladkostroje

### 2.1 Obecný popis

U tohoto druhu kladkostroje je pohon realizován stlačeným vzduchem. Vyvozují zvedací sílu přibližně od 0,125 t do 50 t. Obvyklá výška zdvihu je v rozmezí od 3 do 21 m. Používají se k dopravě břemen, tak i k montážním pracím. Pneumatické kladkostroje by měly splňovat požadavky na jednoduchost, minimální rozměry, malou váhu a snadnou přemístitelnost.



Obr. č. 1 - BRANO PNEUMATICKÝ KLADKOSTROJ PL pro nosnost 0,25-0,5 t [1]

### 2.2 Použití

Převážně používány v místech, kde je riziko velkého znečištění nebo výbuchu (hlubinné doly, plynárny, lakovny, chemický provoz atd.) a není zde tedy možno použít běžné neupravené elektrické pohony. Podmínkou pro použití je zdroj stlačeného vzduchu. Pneumatické kladkostroje vynikají z důvodu malé údržby, možnosti použití do těžkých pracovních podmínek, jednoduché konstrukce a snadné obsluhy.

---

Můžeme je rozdělit na základě typu provedení:

- Standardní
- Prostředí s nebezpečím výbuchu. Provedení pro prostředí s nebezpečím výbuchu je vybaveno štítkem se symbolem Ex. (viz níže kapitola 3. protivýbušné předpisy ATEX)

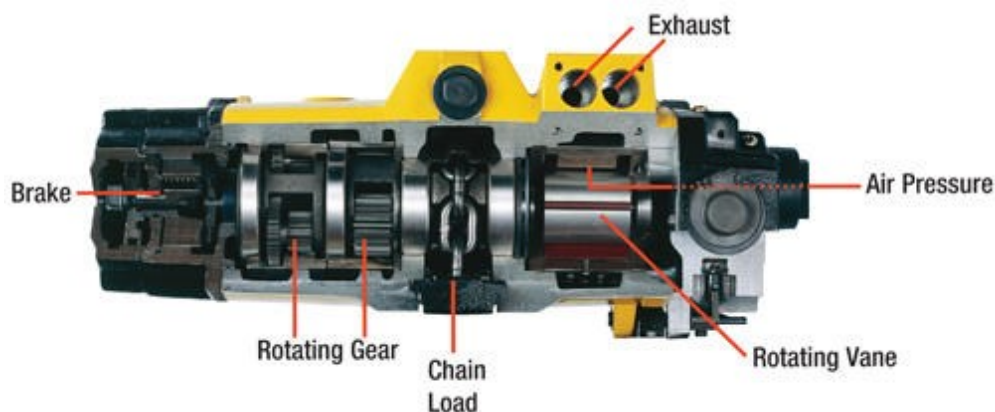
## 2.3 Základní části

Základní části pneumatických řetězových kladkostrojů jsou:

- Zdroj stlačeného vzduchu: Stlačený vzduch vstupující do kladkostroje z důvodu životnosti a bezporuchového chodu musí procházet filtrováním, kde je zbavován prachu a pevných složek. Dále by měl být obohacen o olejovou mlhu.
- Pneumatický motor
- Čelní nebo planetový ozubený převod: Planetové ozubené převody se používají z důvodu menší náročnosti na rozměry při velkých převodových poměrech než čelní ozubené převody.
- Ořech
- Řetěz: Používají se břemenové řetězy s různou povrchovou úpravou. Mazáním řetězu se prodlužuje životnost, zabráňuje se korozi a opotřebování.
- Brzda
- Spojka
- Hadice
- Ovládání. Ovládání můžeme rozdělit:
  - Rádiové, dálkové ovládání
  - Ovládací rukojeť případně ovladač
- Uchycení
  - Pomocí háku
  - Pojezdem. Pojezdy můžeme rozdělit na ovládání:
    - Ruční s řetízovým pohonem
    - Ovládání tahem nebo tlakem za břemeno
    - Ovládání pneumatickým pohonem

Kdy pojezd je zavěšen obvykle na nosníku tvaru „I“, „IPE“

- 
- Kryt motoru - Krytování je prováděno obvykle z ocelového plechu. Důvodem použití krytu je snížení hlasitosti motoru a zároveň slouží jako ochrana a těsnění pro prostředí, kde je nebezpečí výbuchu.



Obr. č. 2 – Řez kladkostroje firmy ENDO [2]

## 2.4 Doplnkové příslušenství:

Pneumatický kladkostroj lze dovybavit různým příslušenstvím, které upravuje, popřípadě zlepšuje pracovní vlastnosti kladkostroje. Níže je vypsáno nabízené příslušenství firmy Tesort [3], která se specializuje jak samotným prodejem manipulační techniky, tak i příslušenství.

Nabízené doplnkové příslušenství firmy Tesort [3] pro pneumatické kladkostroje:

- prodloužení zátěžového řetězu
- nerezový řetěz
- bronzový hák
- prodloužení ovládací hadice dle stanoviště obsluhy omezovač zdvihu/spouštění
- údržbová jednotka (zabezpečuje čištění a mazání vzduchu, omezuje tlak)
- tlumicí filtr hluku
- indikátor zatížení indikátor provozních hodin
- pojezd po zahnuté přírubě nosníku s minimálním poloměrem 2 m
- pojezdový vozík pro přírubu nosníku 2 N

---

## 2.5 Základní technické údaje:

Základní technické údaje u pneumatických kladkostrojů jsou:

- Nosnost
- Počet nosných pramenů
- Základní zdvih
- Hnací medium
- Tlak vzduchu
- Spotřeba vzduchu
- Min. zvedací rychlost při zatížení
- Rozsah provozní teploty
- Druh a povrchová úprava břemenového řetězu
- Světlost hadic (od ovládání k motoru)
- Světlost hadice (přívodní k ovládání)
- Hmotnost
- Přírůstek hmotnosti řetězu na 1 m zdvihu
- Hladina akustického tlaku A v místě obsluhy max.
- Hlavní rozměry

## 2.6 Kontrola kladkostroje

Z důvodu bezpečnosti, životnosti a bezporuchovosti jsou prováděny kontroly, můžeme je rozdělit:

- Denní pravidelná prohlídka: Vizuální prohlídka, prováděna před každým použitím kladkostroje.
- Plánovaná prohlídka: Prohlídka prováděná plánovaně za určitou časovou dobu. Doba je volena v závislosti na počtu použití a typu provozu.

---

## 3 Protivýbušné předpisy – směrnice ATEX

### 3.1 Základní informace

Při umístění přístrojů a ochranných systémů do prostředí s nebezpečím výbuchu, na trh nebo do provozu všech členských států Evropské unie, zařízení musí podléhat směrnici EU 94/9 ES známou pod názvem ATEX (z francouzského: ATmospheres EXplosives).

Cílem směrnice ATEX 94/9/ES je volný průchod výrobků, které směrnice zahrnuje, po území EU. Tato směrnice vychází z článku 95 Smlouvy o ES a stanovuje harmonizované požadavky a postupy pro zajištění shody. Ve směrnici ATEX je shoda produktů povinná.

Tyto základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost berou zvláštní zřetel na [4]:

- Potenciální zdroje iniciace zařízení určených pro použití do prostředí s nebezpečím výbuchu.
- Autonomní ochranné systémy určené k tomu, aby se uvedly v činnost následně po výbuchu s prvotním cílem zastavit okamžitě výbuch anebo omezit účinek plamenů a tlaků při výbuchu.
- Bezpečnostní zařízení určená k tomu, aby přispívala k bezpečné činnosti takovýchto zařízení, co se týče zdroje iniciace a k bezpečné funkci autonomních ochranných systémů.
- Součásti, které nemají samostatnou funkci, podstatné pro bezpečnou činnost takovýchto zařízení nebo autonomních ochranných systémů.

Od 1. července 2003 mohou být příslušné výrobky uváděny na trh území EU, volně se pohybovat a být provozovány v souladu se svou konstrukcí a stanoveným účelem použití v předpokládaných okolních podmínkách, pouze pokud vyhoví požadavkům směrnice 94/9/ES.

---

## 3.2 Zařízení

„Zařízeními podle definice ve směrnici 94/9/ES jsou stroje, přístroje, pevná nebo mobilní zařízení, řídicí součásti a jejich přístrojové vybavení a systémy detekce nebo ochrany, které jsou samostatně nebo společně určeny pro výrobu, přenos, uskladňování, měření, regulaci a přeměnu energie nebo pro zpracovávání materiálu a které jsou schopny způsobit výbuch v důsledku svých vlastních potenciálních zdrojů iniciace.“ [4]

## 3.3 Prostředí

ATEX zahrnuje všechny produkty, které mohou být použity v prostředí, kde může vzniknout výbuch, jako je například směs vzduchu a hořlavých materiálů jako jsou páry, plyny, mlhy a prach.

## 3.4 Klasifikace a značení zařízení

Směrnice ATEX 94/9/ES obsahuje třídění do různých skupin a kategorií, které jsou definovány dle normy. Příklad tohoto značení je zobrazen na obr č. 3.



Obr č. 3 – označení ATEX na čerpadle firmy Arrow [5]



---

**Příklad označení:**

Produkt podléhající směrnici ATEX musí být označen například následovně:

**CE0102 Ex II 2 D Ex tD IIC T90° IP54**

**Legenda:**

<b>CE</b>	- Označení shody s evropskou legislativou.
<b>0102</b>	- Identifikační číslo notifikovaného ústavu.
<b>Ex</b>	- Specifické označení ochrany proti výbuchu
<b>I</b>	- Skupina zařízení
<b>2</b>	- Kategorie zařízení
<b>D</b>	- Označení výbušné atmosféry
<b>E Ex</b>	- Ochrana podle evropských norem
<b>tD</b>	- Typ nevýbušného provedení
<b>IIC</b>	- Skupina výbušnosti plynů
<b>T90°C</b>	- Maximální povrchová teplota zařízení pro atmosféru typu D
<b>IP54</b>	- Odolnost vůči pevným částicím a vodě pro zařízení atmosféry typu D

---

### **Označení shody s evropskou legislativou CE:**

Označení CE je používáno výrobcem jako prohlášení, že má za to, že daný výrobek byl vyrobený ve shodě se všemi ustanoveními a požadavky směrnice 94/9/ES, které se na něj vztahují, a že byl podroben odpovídajícím postupům posuzování shody.

### **Identifikační číslo notifikovaného ústavu:**

Dle identifikačního čísla lze snadno určit zemi a název schvalujícího subjektu. V České republice se vyskytuje pouze Fyzikálně technický zkušební ústav, s.p. sídlící v Ostravě, který se zabývá certifikací, zkoušením, inspekci zařízení a ochranných systémů určených do prostředí s nebezpečím výbuchu. V tabulce Tab. 1 je vypsáno několik zkušebních úřadů s jejich identifikačním číslem. Další evropské zkušební úřady s identifikačními čísly lze najít pod odkazem [6].

Tab. 1 Identifikační číslo notifikovaného úřadu

Zkušební úřad	Země	Číslo
Fyzikálně technický zkušební ústav, s.p.	Česká Republika	1026
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt	Německo	0102
DEKRA EXAM GmbH	Německo	0158

### **Skupina zařízení:**

Podle tabulky Tab. 2 rozlišujeme skupiny zařízení na dva druhy.

Tab. 2 Skupiny zařízení

Skupina zařízení:
I – Důlní použití (Kategorie M1, M2)
II – Ostatní nebezpečné prostory (Kategorie 1, 2, 3)

---

### **Kategorie zařízení:**

V případě důlního použití dále rozlišujeme kategorie M1, M2, které určují použitelnost zařízení v případě vzniku výbušné atmosféry, viz Tab. 3.

Tab. 3 Kategorie zařízení

Kategorie použití pro důlní podmínky	
M1	v případě vzniku výbušné atmosféry je možné používání
M2	v případě vzniku výbušné atmosféry nutno vypnout

Pro ostatní kategorie než důlního typu používáme kategorie 1, 2, 3. Tyto kategorie se liší podle použitelností pro různé druhy zón Tab. 4.

Tab. 4 Kategorie použití

Kategorie použití	
1	Může být použito pro zóny typu 0 nebo 20
2	Může být použito pro zóny typu 1 nebo 21
3	Může být použito pro zóny typu 2 nebo 22

Zóny klasifikujeme dle typu výbušné atmosféry a to plynná nebo prašná Tab. 5 a dále podle časové přítomnosti výbušné atmosféry Tab. 6.

Tab. 5 Klasifikace zón

Klasifikace zón	
Zóna	
Plyn	Prach
0	20
1	21
2	22

Tab. 6 Klasifikace zón – časová přítomnost výbušné atmosféry

Plyn	Prach	
Zóna 0	Zóna 20	Potencionálně výbušná atmosféra přítomna průběžně nebo pro delší doby (přes 1000 hodin ročně)
Zóna 1	Zóna 21	Potencionálně výbušná atmosféra nastává příležitostně (od 10 hodin do 1000 hodin ročně)
Zóna 2	Zóna 22	Potencionálně výbušná atmosféra téměř nevzniká (pod 10 hodin ročně)

---

## Označení výbušné atmosféry

Označujeme dle druhu výbušné atmosféry na plynné a prašné Tab. 7.

Tab. 7 Označení výbušné směsi

Značení výbušné směsi	
G	Plynu, par, mlh se vzduchem
D	Prachu se vzduchem

## Typ nevýbušného provedení

Dle různého bezpečnostního provedení rozdělujeme druhy ochrany podle tabulky Tab. 8.

Tab. 8 Typ provedení

Úroveň ochrany			
Druh ochrany	Značka	Zóna	Norma
Pevný závěr	d	1,2	EN 60079-1
Zajištěné provedení	e	1,2	EN 60079-7
Jiskrová bezpečnost	i id	0,1,2 20,21,22	EN 60079-11
Tlaková zařízení	p pD	1,2 21,22	EN 60079-2
Zalítí zalévací hmotou	m mD	0,1,2 20,21,22	EN 60079-18
Olejový závěr	o	1,2	EN 60079-6
Pískový závěr	q	1,2	EN 60079-5
Protijiskření	n	2	EN 60079-15
Zvýšená bezpečnost	t	20,21,22	EN 60079-31

## Skupina výbušnosti plynů

Podle parametru MESG dělíme plyny a páry do různých skupin výbušnosti Tab. 9.

Tab. 9 Výbušná skupina

Výbušná skupina	
Značení	Možnost vyskytujících plynů
I	Metan
IIA	Aceton, ethanol, propan, butan, benzen, amoniak, toluen a plynů stejně nebezpečných.
IIB	Formaldehyd, ether, dibutylether, etylen, MEK, THF, plynů stejně nebezpečných a plynů ze skupiny IIA.
IIC	Vodík, acetylen, plynů stejně nebezpečných a plynů ze skupin IIA, IIB.

---

## **Teplotní třída**

Plyny klasifikujeme do šesti tříd podle teploty vznícení. Aby bylo zapálení vyloučeno, musí být maximální vyskytující teplota povrchové plochy zařízení nižší, než zápalná teplota hořlavin nebo směsí Tab. 10. [20]

Tab. 10 Teplotní třída

Maximální povrchová teplota vystavena plynům	
T1	do 450°C
T2	do 300°C
T3	do 200°C
T4	do 135°C
T5	do 100°C
T6	do 85°C

## **Odolnost vůči prachu a vodě**

Velikost ochrany vůči prachu a vodě značíme písmeny IP (Ingress protection) a dvojčíslicím, které upřesňují stupeň ochrany dle tabulky Tab. 11. První číslo značí ochranu proti vniku pevných částic a druhé číslo značí ochranu proti vniknutí vody.

Tab. 11 Odolnost vůči pevným částicím a vodě

Odolnost vůči pevným částicím a vodě		
IP	ochrana proti vniknutí pevných částic	ochrana proti vodě
0	bez ochrany	bez ochrany
1	chráněno proti pevným objektům větších než 50 mm	chráněno proti vertikálnímu padání kapek vody
2	chráněno proti pevným objektům větších než 12,5 mm	chráněno proti stříkání vody do 15° od vertikálního směru
3	chráněno proti pevným objektům větších než 2,5 mm	chráněno proti stříkání vody do 60° od vertikálního směru
4	chráněno proti pevným objektům větších než 1 mm	chráněno proti stříkání vody ve všech směrech
5	chráněno proti prachu - limitovaný průnik	chráněno proti nízkotlakým tryskám ve všech směrech
6	kompletně chráněno proti vniknutí prachu	chráněno proti silným tryskám vody
7	-	chráněno proti dočasnému ponoření
8	-	chráněno proti dlouhodobému ponoření

---

## 4 Úvod do metodiky TRIZ

Počátek vzniku metodiky TRIZ (tvorba a řešení inovačních zadání) je možné datovat od roku 1946, kdy Genrich S. Altshuller se svým týmem prostudoval velké množství patentů a na základě tohoto průzkumu popsal zákonitosti rozvoje technických systémů. Bylo tedy zjištěno, že většina způsobů řešení daných problémů je postavena na opakujících postupech řešení. Systémová metoda TRIZ vede od nejasné problémové situace, přes detailní rozbor systému ke správné formulaci zadání inovačních úloh, až k určitým návrhům řešení. Velkého rozmachu metodiky TRIZ přispěla výpočetní technika se softwarem Goldfire Innovator (dříve TechOptimizer), který mimo variant různých možných řešení, ověřuje, zda vyhovují inovačnímu zadání a zda varianty jsou nebo nejsou v kolizi s patentovým stavem techniky. [7] [21]

TRIZ je postaven na:

- Zákonitosti objektivně existujících tendencí rozvoje technických systémů.
- Principech překonávání technických rozporů.

Metodiku TRIZ lze rozdělit na dvě základní navzájem se doplňující metody:

- FNA – funkčně nákladovou analýzu
- ARIZ – algoritmus řešení invenčních zadání

### **Funkčně nákladová analýza (FNA) :**

Pomáhá odpovědět na otázku „CO“ a „PROČ“ by mělo být inovováno na základě analýzy funkcí a nákladů na jejich realizaci pro řešitele důležitých. Pomáhá uživateli [21]:

- Nalézt podstatu problému v technickém systému.
- Uspořádat prvky podle jejich funkční, nákladové a problémové významnosti.

- 
- Vybrat inovační zadání – významná pro zadaný cíl a respektující zákonitost rozvoje techniky.
  - Formulovat inovační zadání: „CO“ a „PROČ“ má být v systému zdokonaleno.

### **Algoritmus řešení invenčních zadání (ARIZ):**

Metodou ARIZ zjišťujeme odpovědi na otázky „JAK“ by se daly zadané problémy vyřešit s přispěním analyzovaných informací ze statisíce patentů.

Způsob jakým nám ARIZ pomáhá, můžeme rozdělit do 4 typových úloh:

- Nacházet a formulovat technické rozpory (víme co zlepšit i jak to udělat, ale něco jiného se zhorší). [7] [21]
- Nacházet a formulovat fyzikální rozpory.
- Formulovat konfliktní vazby mezi vzájemně působícími látkami a energiemi mezi prvky uvnitř objektu. [21]
- Formulovat nedostatečně plněné technické funkce, které je potřeba plnit jinak než dosud. [21]

Následně je možné čerpat inspiraci (možné invence, nápady a náměty) pro hledání řešení těchto 4 typových úloh. Výběr je možný ze 4 skupin obecných doporučení, které nabízí možnosti k řešení technických rozporů, fyzikálních rozporů, konfliktních modelů látek a polí. Dále je zde velká řada znázorňující animované jevy a efekty z přírodních věd, na kterých fungují technické funkce. [7] [21]

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**



---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**



---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**



---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**



---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**



---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**



---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Frieše, Ph.D.**

---

**Informace na této stránce jsou v režimu utajení a jsou dostupné oproti podpisu  
mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**

---

## 10 Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh prototypu řetězového pneumatického kladkostroje pro důlní podmínky, za použití řetězu PEWAG G80 11,2 x 34 a pneumatického motoru od firmy DEPRAG, který se nachází v závěrečné fázi vývoje. Zadavatelem diplomové práce byla stanovena podmínka minimální rychlosti při zvedání břemena na  $v = 2 \text{ m/min}$ . V úvodní části práce je vypracována krátká rešerše zabývající se problematikou pneumatických kladkostrojů, popis protivýbušné normy ATEX, kterou musí splňovat každé zařízení používané v prostředí s možností výbuchu a úvod do metodiky TRIZ.

Pro kladkostroj je na základě maximální zvedané hmotnosti břemena určen potřebný převodový poměr. S ohledem na limitovaný prostor v důlním prostředí byl zvolen dvoustupňový planetový převod s přímým čelním standardním ozubením. Kde jednotlivé stupně mají stejný převodový poměr, modul a počty zubů kvůli zjednodušení a zlevnění výroby. Na prvním stupni z důvodu malého vstupního krouticího momentu byl zvolen počet satelitů  $s_1 = 2$ , u druhého stupně vzhledem k velkému nárůstu krouticího momentu byl zvolen nejvyšší možný počet satelitů  $s_2 = 3$ . Během pevnostní kontroly ozubení je použito zátěžové spektrum, u kterého jsou předběžně stanoveny předpokládané hodnoty zatěžování skrz různé hmotnosti zvedaných břemen. Příznivá bezpečnost byla zjištěna při šířce ozubení na prvním stupni je  $b_1 = 20 \text{ mm}$  a na druhém stupni  $b_2 = 60 \text{ mm}$ . Z důvodu agresivity a prašnosti důlního prostředí byly zvoleny v celém mechanismu ložiska s kontaktním těsněním. Dále je řešeno spojení planetové převodovky a domku, za pomoci dvou šroubových spojení. Pevnostní kontrola unašeče na druhém stupni, který přenáší krouticí moment na ořech je provedena pomocí metody konečných prvků. Uchycení kladkostroje v dole je za použití pojezdových kol k zavěšenému nosníku profilu „I“. Pojezd je řešen manuálně tažením řetězu, který bude zavěšen na rámu nebo pomocí externího pohonu. Závěrem diplomové práce je aplikovaná funkčně nákladová analýza metodiky TRIZ, při které jsou zjištěny komponenty vhodné k inovaci.

Výběr maziva a těsnění je ponechána na zadavateli s ohledem na požadované značení ATEX. Po dokončení vývoje pneumatického motoru a sestavení prototypu, proběhne odzkoušení z bezpečnostních důvodů. Následně bude kladkostroj otestován v autorizovaném ústavu, který přiřadí proti-výbušné označení ATEX.

---

## 11 Seznam použité literatury

- [1] *BRANO-ZZ.CZ* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. Brano a.s. Dostupné z WWW: <<http://www.brano-zz.cz/vyroba/zvedaci-zarizeni/pneumat-kladkostroje/pneumaticky-kladkostroj-pl/>>
- [2] *CONDUCTIX.US* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. Conductix-Wampfler. Dostupné z WWW: <<http://www.conductix.us/en/products/endo-air-hoists>>
- [3] *TESORT.CZ* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. TESORT, spol. s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.tesort.cz/produkt/pneumaticke-retezove-kladkostroje>>
- [4] *UNMZ.CZ* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. Příručka ke směrnici ATEX. Dostupné z WWW: <[http://www.unmz.cz/sborniky\\_th/sb2006/atex\\_Master.pdf](http://www.unmz.cz/sborniky_th/sb2006/atex_Master.pdf)>
- [5] *ZPARROW.CO.UK* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. Z.P. ARROW S.r.l.. Dostupné z WWW: <<http://zparrow.co.uk/wp-content/uploads/2013/05/etichetta-atex200x94.jpg>>
- [6] *EC.EUROPA.EU* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. European Commission. Dostupné z WWW: <[http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.notifiedbody&sort=country&dir\\_id=14](http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=directive.notifiedbody&sort=country&dir_id=14)>
- [7] Skařupa, J., Židek, J. *Metodika TRIZ*. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2014.
- [8] Havlík, Jiří. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. [online]. 2016 [cit. 2016-01-12]. <http://www.fs.vsb.cz/> Dostupné z WWW: <<http://www.fs.vsb.cz/347/cs/studium-a-vyuka/ke-stazeni/>>
- [9] Kříž, R., Vávra, P. *Strojírenská příručka. 6. svazek*. Scienta, Praha 1995.
- [10] Leinveber, J., Vávra P. *Strojnické tabulky (třetí doplněné vydání)*. Albra, Úvaly, 2006, ISBN 80 – 7361 – 033 – 7.
- [11] Němček, M. *Program Geometrie- Kontrola geometrie ozubených kol, verze3*, 2008

- 
- [12] Němček, M. *Program CSNw- ČSN 01*, verze 1.2, 10/2008
- [13] Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2012, ISBN 978-80-2481860-8
- [14] ČSN ISO 4301 *Jeřáby a zdvihací zařízení klasifikace*. Český normalizační institut, Praha, 1992
- [15] Havlík, Jiří. *Výpočty a konstrukce strojních dílů - Přednášky*. [online]. 2016 [cit. 2016-01-12]. <http://www.fs.vsb.cz/> Dostupné z WWW: <<http://www.fs.vsb.cz/347/cs/studium-a-vyuka/ke-stazeni/>>
- [16] Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2008, ISBN 978-80-2481860-8
- [17] *BRANO-ZZ.CZ* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. Brano a.s. Dostupné z WWW: <<http://www.brano-zz.cz/vyroba/zvedaci-zarizeni/>>
- [18] *ZKL.CZ* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. ZKL GROUP Dostupné z WWW: <<http://www.zkl.cz/en/cat/2013/srbb/6210>>
- [19] *ZKL.CZ* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. ZKL GROUP Dostupné z WWW: <<http://www.zkl.cz/en/cat/2013/srbb/6004>>
- [20] *Problematika nebezpečí výbuchu v návaznosti na požadavky a výběr elektroinstalace a ochranných systémů* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. <http://www.crr.vutbr.cz> Dostupné z WWW: <[http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura\\_06\\_1105.pdf](http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_06_1105.pdf)>
- [21] Bušov, B.: *Tvorba a Řešení Inovačních Zadání* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. MANAGEMENT NEWS Dostupné z WWW: <<http://www.managementnews.cz/manazer/rizeni-firmy-id-147972/tvorba-a-reseni-inovacnich-zadani-triz-metodika-pro-resitele-id-2314619>>
- [22] *FLUIDTECHNIK.EU* [online]. 2016 [cit. 2016-01-20]. FLUITECHNIK Dostupné z WWW: [www.fluidtechnik.eu/resources/upload/data/1202\\_Introducing\\_en.pdf](http://www.fluidtechnik.eu/resources/upload/data/1202_Introducing_en.pdf)>
-

---

## 12 Seznam příloh

Příloha [1.1] Pevnostní kontrola	satelit-korunové kolo první stupeň
Příloha [1.2] Pevnostní kontrola	satelit-korunové kolo druhý stupeň
Příloha [1.3] Výsledná geometrie soukolí	první stupeň centrální kolo-satelit
Příloha [1.4] Výsledná geometrie soukolí	první stupeň satelit- korunové kolo
Příloha [1.5] Výsledná geometrie soukolí	druhý stupeň centrální kolo-satelit
Příloha [1.6] Výsledná geometrie soukolí	druhý stupeň satelit- korunové kolo
Příloha [1.7] Výkres sestavy	Kladkostroj
Příloha [1.8] Výkres podsestavy	Planetový převod
Příloha [1.9] Výrobní výkres	Satelit druhý stupeň
Příloha [2.0] Výrobní výkres	Satelit první stupeň

**Přílohy jsou v režimu utajení dostupné a jsou dostupné oproti podpisu mlčenlivosti u vedoucího práce doc. Ing. Jiřího Friese, Ph.D.**